

# 卒業論文

## ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDNによる優先度制御手法

### SDN Based Priority Control Method Considering Data Attributes for Home Network

同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科

2018 年度 1033 番

国本 典晟

指導教員

理工学部 情報システムデザイン学科  
ネットワーク情報システム研究室

佐藤 健哉 教授

2022 年 2 月 31 日

# 概要

SDN のホームネットワークへの適用が期待されているが、ホームネットワークには特性の異なるデータが混在するため、それらの制御方法が課題となっている。現在のインターネットサービスプロバイダはデータ特性を考慮せず制御するため、通信帯域の逼迫の際に重要なパケットの損失などの問題が生じる。また、これまで提案されてきた優先度分類では、テレワークの増加などの昨今のリアルタイム性の高い通信の需要を十分に考慮できていない。本研究では、リアルタイム性を含むデータ特性から通信を4つに分類し、優先度を設定し、優先度制御を行う手法を提案した。ホームネットワークを想定したネットワークを構築して実験を行い、先行研究と比較してリアルタイム性の点で有効性を示した。

## キーワード

1. SDN, 2. ホームネットワーク, 3. 分類アルゴリズム

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	本論文の構成	1
第2章	関連研究	3
2.1	遅延要件による優先度分類	3
2.2	帯域保証による優先度分類	3
第3章	提案手法	5
3.1	SDNによるネットワーク管理	5
3.2	優先度分類	5
3.3	アドミSSION制御	5
第4章	評価	6
第5章	考察	7
第6章	おわりに	8
	謝辞	9
	参考文献	10
	研究業績	11

# 第1章 はじめに

## 1.1 背景

以前、ネットワーク機器はネットワークを制御する機能とデータを転送する機能を併せ持っていたため、ネットワークにおける制約が大きく、環境の変化に対応するのが困難であった。そこで、図 1 のようにネットワーク制御機能とデータ転送機能を分離し、データ転送機能のみをネットワーク機器に担わせ、ネットワーク制御機能は外部のソフトウェアが一括して担う、Software-Defined Networking (SDN) が開発された。SDN により、ネットワークをソフトウェアで集中制御することで、ネットワークの柔軟化、迅速・柔軟な変更、管理の効率化などが可能になり、企業ネットワークや ICT システムなどに利用されている [1]。

一方、ホームネットワークの拡張や複雑化のため、SDN のホームネットワークへの適用が期待されている。ホームネットワークとは、PC やスマートフォン、Internet of Things (IoT) 機器などから構成される LAN 環境が家庭内に構築されたものである。近年、画像や動画データなどの大容量データの需要の拡大や IoT 機器の普及に伴い、ホームネットワークとインターネット間のトラフィックが急速に増加し、通信帯域の逼迫が危惧されている [2]。現在、ホームネットワークとインターネット間の通信を管理しているインターネットサービスプロバイダ (ISP) は、通信の重要度や Quality of Service (QoS) 要件といった特性を考慮せず制御しているが、通信帯域が逼迫した際に重要なパケットの損失や QoS の低下などの問題が生じる恐れがある。この問題の解決のため、SDN を利用して ISP がホームネットワークを集約して最適化された帯域制御を行う方式が提案されている [3]。

ホームネットワークには、緊急事態を通知する重要度の高いデータやテレワークなどの切断されるとリアルタイム性が損なわれるデータなど、データ特性が異なる通信が発生する。データ特性が異なる通信を SDN を用いて制御するには、通信をデータ特性から分類して優先度を設定し、通信帯域に応じてパケットの破棄などを行う優先度制御が必要となる。

## 1.2 目的

本研究では、SDN のホームネットワークへの適用において問題となるデータ特性が異なる通信の制御のため、データ特性を考慮した優先度制御を提案し、優先度の高い通信の品質を改善する。また、リアルタイム性を考慮し、優先度制御に伴うパケットの破棄による通信への影響を軽減する。ホームネットワークを想定したネットワークを構築して実験を行い、提案手法の有効性を評価する。

## 1.3 本論文の構成

第 2 章では、SDN をホームネットワークに適用するために、通信の遅延要件や帯域保証を基準に優先度分類を行なった関連研究について述べる。第 3 章では、第 2 章で注目されたデータの特性に合わせて、さらにリアルタイム性を考慮した優先度分類と、その分類を元に行う優先度制御について述

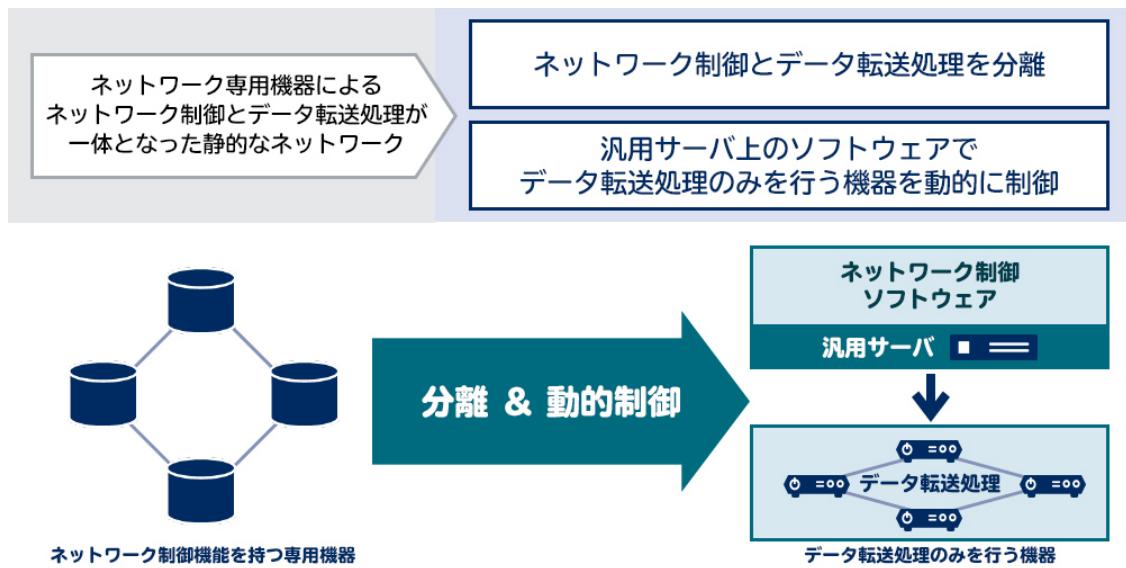


図 1: SDN の概要

べる。第 4 章では、提案手法の有効性の評価のための実験方法とその評価結果について述べる。第 5 章では、実験によって得られた結果に対して考察を行う。第 6 章では、本論文のまとめを述べる。

## 第2章 関連研究

### 2.1 遅延要件による優先度分類

Jang らは、3GPP Long Term Evolution が定義した QoS Class Identifier (QCI) をホームネットワークの通信に適用できるよう、図 2 のように再定義した。さらに、各 QCI の遅延要件（図 2 の Packet Delay Budget）を基準にして通信を 3 つのカテゴリに分類し、各カテゴリに割り当てる帯域の割合を動的に変更することで、QoS と Quality of Experience の改善を目指した [3]。

しかし、帯域を割り当てるのみで、優先度の高い通信のために優先度の低い通信のパケットを破棄する優先度制御を行わないため、QCI=5 に示されるミッションクリティカルな通信のパケットが損失してしまう恐れがある。また、QCI=3 の通信と QCI=4 の通信を同様に制御するなど、通信のリアルタイム性を考慮しておらず、通信帯域が逼迫した際に通信品質への影響が懸念される。

### 2.2 帯域保証による優先度分類

Deng らは、Jang らの QCI を基に、帯域保証（図 2 の Resource Type）を基準として優先度を分類した。また、最も優先度の高い通信の QoS 要件を満たすため、優先度の低い通信のパケットを破棄するアドミッション制御を行なった。これにより、ミッションクリティカルな通信の QoS 要件を満たした [4]。

しかし、2.1 節と同様に、QCI=3 と QCI=4 の通信を同様に制御しており、通信のリアルタイム性を考慮できていない。また、優先度分類の基準を帯域保証のみとしたため、遅延要件とパケットロス要件の厳しい QCI=7 の通信が最も優先度が低く分類されてしまっている。

QCI	Priority	Device type	Resource Type	Packet Delay Budget	Packet Error Loss	Example Services
1	2	Non-M2M	GBR	100ms	$10^{-2}$	Conversational voice
2	3	Non-M2M	GBR	50ms	$10^{-3}$	Real time gaming
3	4	Non-M2M	GBR	150ms	$10^{-3}$	Conversational video
4	5	Non-M2M	GBR	300ms	$10^{-6}$	Non-conversational video (Buffered Streaming)
5	1	M2M	Non-GBR	60ms	$10^{-6}$	Mission critical delay sensitive data transfer
6	6	Non-M2M	Non-GBR	300ms	$10^{-6}$	Video (buffered streaming) TCP-based (for example, www, email, chat, ftp, p2p and the like)
7	7	Non-M2M	Non-GBR	100ms	$10^{-3}$	Voice, video (live streaming), Interactive gaming
8	8	M2M	Non-GBR	N/A	$10^{-6}$	Non mission critical delay insensitive data transfer

図 2: ホームネットワーク用に再定義された QCI

## 第3章 提案手法

本研究では、第2章で述べた、ミッションクリティカルな通信のパケットが損失する恐れがある問題や、通信のリアルタイム性を考慮していない問題を解決する、リアルタイム性を含むデータ特性を考慮した優先度分類と、優先度の高い通信の品質を改善するアドミッション制御を提案する。本章では、まずSDNによるホームネットワークとISP間のネットワーク管理について述べ、その後優先度分類とアドミッション制御について述べる。

### 3.1 SDNによるネットワーク管理

ホームネットワークにはPCやスマートフォン、IoT機器など様々な通信機器が存在しているが、それらは全て家庭用ルータに接続されており、家庭用ルータを介してインターネットに接続している。本論文では、このような家庭用ルータは「ゲートウェイ」と表記する。

ホームネットワークからインターネットへと接続するには、ルータ（説明）を介してISPのサーバを経由する必要がある。ホームネットワーク内の通信機器は、ゲートウェイを介して家庭外のネットワークに接続する。本研究では、ホームネットワークからISPサーバまでの通信を制御するために、SDNコントローラを配置（？）し、ゲートウェイ、ルータ、ISPサーバと制御のためのメッセージをやり取りする。

### 3.2 優先度分類

ホームネットワークには重要度やパケットサイズ、通信頻度など、特性の異なるデータの通信が混在している。リアルタイム性の高い通信は、途切れた際の影響が大きい。

### 3.3 アドミッション制御

優先度1の通信はパケットロスや遅延が許されない。すでに通信帯域が逼迫している状態で新たに優先度1のフローが流入した場合、従来の制御方法ではパケットロスや遅延が起こる可能性常に優先度1の通信のQoS要件を満たせるよう、アドミッション制御を行う。



## 第4章 評価

## 第5章 考察

## 第6章 おわりに

ホームネットワークの拡張や複雑化に伴い，SDN のホームネットワークへの適用が期待されている．ホームネットワークにはデータ特性が異なる通信が混在するため，データ特性から通信の優先度を分類し，通信帯域に応じて優先度制御を行う必要がある．これまで提案された優先度分類ではリアルタイム性が考慮されておらず，通信帯域の逼迫や優先度制御に伴うパケットロスの通信への影響が大きかった．

本論文では，

## 謝辞

本研究を進めるにあたって，多大なご指導とご支援を賜りました同志社大学理工学部 of 佐藤健哉教授に心より感謝いたします．また，研究内容について親身にアドバイスをくださった山本浩太郎先輩をはじめとしたネットワーク情報システム研究室のみなさまには，大変お世話になりました．さらに，学校生活や研究活動を支えて支えてくれた友人と家族へ感謝いたします．

## 参考文献

- [1] NEC. [https://jpn.nec.com/sdn/about\\_sdn.html](https://jpn.nec.com/sdn/about_sdn.html).
- [2] 帯域制御の運用基準に関するガイドライン（改定）. 2019.
- [3] Hung-Chin Jang, Chi-Wei Huang and Fu-Ku Yeh. Design A Bandwidth Allocation Framework for SDN Based Smart Home. *2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, pp. 1-6, 2016.
- [4] Guo-Cin Deng and Kuochen Wang. An Application-aware QoS Routing Algorithm for SDN-based IoT Networking. *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, pp. 186-191, 2018.

## 研究業績

- [1] 国本 典晟，細野 航平，滕 睿，佐藤 健哉，"ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDN による優先度制御手法，" 情報処理学会 第 84 回全国大会．2022．（発表予定）